



TITLE:

長周期地震動による梁端溶接接合部の繰返し延性破断を考慮した超高層建物の耐震性能評価(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

高塚, 康平

CITATION:

高塚, 康平. 長周期地震動による梁端溶接接合部の繰返し延性破断を考慮した超高層建物の耐震性能評価. 京都大学, 2015, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2015-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k18939>

RIGHT:

京都大学	博士（工学）	氏名	高 塚 康 平
論文題目	長周期地震動による梁端溶接接合部の繰返し延性破断を考慮した超高層建物の耐震性能評価		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>南海トラフ等で発生する海溝型地震では長周期成分が卓越した長時間に亘る地震動が発生し、超高層建物の応答が現行の耐震設計における設計規範と同等のレベルに達することが予測されているが、鋼構造剛接骨組における柱梁接合部では現行の設計で考慮していない多数回の繰返し曲げ変形を受けることにより梁端溶接部近傍が破断に至り大きな損傷を受ける可能性が懸念されている。1995 年兵庫県南部地震の被害を契機に早期脆性破断防止策を講じた最新の鋼材・接合詳細・溶接施工による梁端接合部でも、繰返し変形による延性亀裂の進展を免れることは難しく、超高層建物の耐震安全性を確保する上でこのような梁端接合部の破断発生の予測は重要である。本論文は、既存の鋼構造建築物で一般的な角形鋼管柱と H 形鋼梁の通しダイアフラム形式による溶接接合部を対象に、建設年代によって設計・施工の方法が異なることによる構造特性の相違を考慮し、地震応答中のランダム変位履歴による繰返し変形下での破断発生時期の予測法を構築したものである。また、提案する予測法に基づいて海溝型長周期地震動を受けた超高層鋼構造建築物の梁端接合部の破断発生とそれに伴う耐震性能の変化を評価したもので、7 章からなっている。</p> <p>第 1 章は序論であり、研究の背景と目的および関連する既往の研究をまとめている。</p> <p>第 2 章では柱梁接合部の溶接施工のために設けられたスカラップと称する梁ウェブの断面欠損の有無が梁の塑性変形能力に与える影響を定量的に把握するため、実大柱梁接合部の一定振幅繰返し載荷実験を行い、梁の塑性率振幅と、終局状態および破断発生までの繰返し数ならびに累積塑性変形倍率との関係を得ている。スカラップの有無により溶接部での延性亀裂の発生箇所と進展経路が異なることに着目し、それぞれの亀裂が繰返し変形に伴って進展し、最終的に梁フランジの全面破断に至るまでの亀裂寸法を測定することにより損傷進展の特徴を把握している。</p> <p>第 3 章では梁端接合部における梁ウェブ接合部の曲げモーメント伝達効率が変形能力に及ぼす影響を定量的に把握するため、梁ウェブ接合部を高力ボルト接合とする混用接合形式の梁端接合部を対象に、梁ウェブ接合部の曲げ負担率を変数とする一定振幅繰返し載荷実験を行い、梁の塑性率振幅と梁の終局状態および破断発生までの繰返し数および累積塑性変形倍率との関係を得ている。梁ウェブ接合部が溶接接合による場合や梁ウェブが接合される角形鋼管柱の板厚が異なる場合を比較対象とすることにより、梁ウェブ接合部の曲げ負担率の低下に伴い繰返し変形に対する変形能力が低下することを示している。また、スカラップの有無との関係についても分析し、スカラップの有無によらず、梁ウェブ接合部の曲げ負担率が低いほど変形性能が低下すること、繰返し変形の振幅が小さい場合にはその差が小さく、振幅の増大に伴ってその影響が大きく現れることを示している。</p> <p>第 4 章では梁の断面寸法が変形能力に及ぼす影響を定量的に把握するため、超高層建物に用いられる梁せい 800mm クラスの大規模 H 形断面梁を用いたスカラップの有無を変数とする一定振幅繰返し載荷実験を行い、第 2 章～第 3 章で行った梁せい 500mm クラスの中規模 H 形断面梁による実験との比較を行っている。破断発生までの梁の変</p>			

京都大学	博士（工学）	氏名	高 塚 康 平
<p>形能力は、スカラップ形式ではほとんど断面寸法による差が見られず、ノンスカラップ形式では断面が大きい場合に変形能力がやや低下する傾向を示している。また、スカラップ形式では、スカラップ底から発生した延性亀裂が梁フランジの板厚方向に貫通した後の亀裂進展経路と溶接金属との位置関係が梁フランジ板厚の大きさによって異なることを示している。しかし、この程度の断面寸法の相違が変形能力に及ぼす影響は比較的小さく、スカラップの有無が支配的であるとの結果を得ている。</p> <p>スカラップの有無と断面寸法が延性亀裂発生時期に及ぼす影響について、実験の試験体を対象とする有限要素解析による分析を行っており、延性亀裂発生位置での応力、歪状態を分析した結果からもスカラップの有無が延性亀裂発生に及ぼす影響が大きいことを示している。</p> <p>第5章では、第2章～第4章で行った柱梁接合部の一定振幅繰返し実験で得られた延性亀裂の進展を分析し、繰返し数と亀裂長さあるいは亀裂幅との関係を定式化し、さらに梁の塑性率振幅との関係を導くことにより、任意の振幅で繰返し変形を受けた場合の破断までの亀裂進展を定量的に評価する亀裂進展則を構築している。</p> <p>さらに、第2章で分析したノンスカラップ形式の柱梁接合部を対象に、梁の塑性率振幅を2段階に変動させた繰返し載荷実験を行い、振幅の変動が破断までの変形能力に及ぼす影響を把握し、亀裂進展則によって変動振幅の影響を評価できることを示している。</p> <p>第6章では、柱梁接合部を対象とする海溝型長周期地震動を受ける超高層建物の応答を模した変動振幅載荷実験、18層超高層鋼構造建物の振動台実験の2つの実験で得られた梁端接合部の破断挙動を検討することにより、提案する亀裂進展則は振幅がランダムに変動する繰返し変形を受けた場合の破断までの変形能力を予測するのに有効であることを示している。</p> <p>また、本論文で検討したパラメータ以外に、既往の研究で示されている床スラブによる合成効果が梁端接合部の変形能力に及ぼす影響も考慮に加えて、スカラップの有無、梁断面寸法、梁ウェブ接合部の最大曲げ耐力、床スラブの有無の4種類の変数が地震応答による梁端破断までの変形能力に及ぼす影響を明らかにしている。海溝型長周期地震による予測地震動を用いた超高層建物の地震応答解析結果に亀裂進展則を適用して比較することにより、特にスカラップの有無と床スラブの有無が破断までの変形能力に大きな影響を及ぼすことを明らかにしている。これらの条件による発生時期の相違を例示すると共に、梁端破断発生の増加に伴う鋼構造骨組の応答特性と耐震性能の変化を明らかにしている。</p> <p>第7章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、継続時間の長い大振幅地震動を受けた鋼構造建築物が柱梁接合部において多数の繰返し塑性変形を受けて溶接部近傍で破断に至る可能性があることに対処するため、溶接接合された柱梁接合部を対象に、設計・施工の条件が破断までの変形能力に及ぼす影響を実験的に把握し、破断予測手法の構築を目指したもので、以下の成果を得ている。

- (1) 溶接施工のために設けられる梁ウェブの断面欠損の有無、角形鋼管柱の板厚に応じた梁ウェブ接合部の曲げ耐力の相違、建物の規模に応じた梁断面寸法の相違が破断までの変形能力に及ぼす影響を実大試験体による繰返し載荷実験により把握した。その結果、断面欠損の有無、接合部の曲げ耐力の順に変形能力に影響し、梁断面寸法の影響は比較的小さいことを明らかにしている。
- (2) 実験に基づいて溶接ディテール、接合部曲げ耐力の相違を考慮して溶接部における延性亀裂の発生から破断までの進展を定量的に評価する亀裂進展則を構築し、2段階変動振幅載荷実験、地震応答を模したランダム振幅載荷実験、超高層建物振動台実験の結果に適用することで破断の予測に有効であることを示している。
- (3) 典型的な超高層建物の地震応答解析で得られた応答に亀裂進展則を適用して海溝型地震動を受けた場合の梁端破断の発生時期を予測し、梁端接合部の設計、施工の条件による発生時期の相違を明らかにすると共に、梁端破断発生の増加に伴う鋼構造骨組の耐震性能の低下を数値解析により明らかにしている。

本論文は、超高層建物の海溝型地震による被害予測において重要な梁端接合部の破断予測手法を提案し、その有効性を明らかにすることに成功しており、わが国の耐震工学において、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成27年1月27日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。